

УДК 622:658.012.011.56

doi:10.20998/2413-4295.2018.16.02

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ ГОЛОВНИХ КОМПОНЕНТ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ РІВНЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ

О. В. БОРИЧЕНКО^{1*}, А. В. ЧЕРНЯВСЬКИЙ¹, Ю. Ю. ОСТАПЧУК¹

¹ кафедра електропостачання, НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», Київ, УКРАЇНА

*email: borichenko_olena@ukr.net

АНОТАЦІЯ Дана стаття присвячена аналізу доцільності використання методу головних компонент для формування математичної моделі електроспоживання карусельної сушарки з метою оцінювання рівня енергоефективності. В результаті застосування методу головних компонент визначено чинники, які мають найбільший вплив на споживання електроенергії. Точність сформованих регресійних моделей електроспоживання оцінювалась на основі визначення середньої відносної похибки, середньоквадратичної похибки та коефіцієнта варіації.

Ключові слова: метод головних компонент; регресійний аналіз; математична модель; споживання електроенергії; базовий рівень енергоефективності

APPLICATION OF PRINCIPAL COMPONENTS METHOD FOR EVALUATION OF ENERGY EFFICIENCY LEVEL

O. BORYCHENKO^{1*}, A. CHERNIAVSKIY¹, Y. OSTAPCHYUK¹

¹ Department of Power Supply, National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, UKRAINE

ABSTRACT This article is devoted to the analysis of the feasibility of using the method of the main components for the assessment and control of the level of achieved energy efficiency at the enterprise. For quantify the level of achieved energy efficiency are used energy efficiency indicators and a baseline of energy consumption is established to compare energy efficiency values over a long period of time and quantify changes in the level of achieved energy efficiency. The following methods were used to solve this problem: the method of regression analysis and the principal components method. As a research object the carousel dryer of the malt shop of the enterprise was taken. Accuracy of forecasting electricity consumption the object of research requires analysis of internal production factors. Factors whose parameters can be determined during the period of the carousel dryer are selected. According to the expert estimation method, experts and technical staff of the enterprise were interviewed, as a result of which factors outlining factors that could affect the consumption of electricity during the work of the carousel dryer were identified. After analyzing the application of the above-mentioned methods, it is proved that the mathematical model of the baseline energy consumption for a round-bottomed dryer of the malt shop is more accurate in the case of its construction by the principal components method than by the regression analysis. The accuracy of the received mathematical models of baseline power consumption levels is estimated on the basis of the calculation of the average relative error, the mean square error and the variation coefficient. In addition, it is more appropriate to use the principal components method to determine the most significant factors affecting the consumption of electric power of the carousel dryer when setting its baseline energy efficiency.

Keywords: the principal components method; regression analysis; mathematical model; electricity consumption; baseline energy efficiency

Вступ

Вдосконалення системи управління споживання електроенергії сприяє підвищенню ефективності енерговикористання. На підприємстві з виробництва алкогольних та безалкогольних напоїв існує необхідність вдосконалення методів аналізу, оцінювання та управління процесами споживання електроенергії для зменшення рівня нерационального енерговикористання.

З числа відомих методів для вирішення задачі було обрано наступні методи: метод регресійного аналізу та метод головних компонент. В якості об'єкта дослідження взято карусельну сушарку солодового цеху підприємства. Так як, проаналізувавши результат розрахунку обсягів споживання

електричної енергії споживачами солодового цеху, було встановлено, що вентиляторні установки основного технологічного устаткування цеху споживають значний обсяг електричної енергії, і тому в даній статті пропонується для оцінювання та контролю рівня енергоефективності використовувати вентилятор карусельної сушарки.

Точність прогнозування споживання електроенергії об'єктом дослідження вимагає аналізу внутрішніх виробничих чинників. Як показало дослідження, може бути значна кількість чинників, які впливають на електроспоживання об'єкта дослідження [1]. Існує необхідність визначення наявності лінійної залежності між чинниками в регресійній моделі з метою уникнення зміщення оцінок параметрів моделі, збільшення коваріації

оцінок та незначущості параметрів моделі. Необхідно визначити найбільш інформативні чинники, які слід включити в математичну модель.

Згідно чинного національного стандарту України ДСТУ ISO 50006:2016 "Системи енергетичного менеджменту. Вимірювання рівня досягнутої енергоефективності з використанням базових рівнів енергоспоживання та показників енергоефективності. Загальні положення та настанови" (ISO 50006:2014, IDT) для кількісної оцінки рівня досягнутої енергоефективності застосовують показники енергоефективності. Базовий рівень енергоспоживання застосовується для порівняння значень енергоефективності протягом тривалого часу та кількісного оцінювання змін в рівні досягнутої енергоефективності. Для здійснення оцінки рівня енергоефективності традиційно використовується регресійний аналіз [2].

Аналіз можливості застосування методу головних компонент для формування математичної моделі процесу електроспоживання представлено в роботах [1; 3; 4].

Мета роботи

Метою роботи є аналіз доцільності використання регресійного аналізу та методу головних компонент для оцінювання та контролю рівня досягнутої енергоефективності на підприємстві.

Викладення основного матеріалу

Для вирішення задачі відбору інформативних чинників необхідно визначити такі, які не несуть корисної інформації в контексті вирішення поставленої задачі. До розгляду було обрано чинники, параметри яких можна визначити в період роботи карусельної сушарки. За методом експертних оцінок було опитано фахівців та технічних працівників підприємства, в результаті чого з перелічених показників визначено чинники, які можуть впливати на споживання електроенергії в процесі роботи карусельної сушарки, а саме: продуктивність сушарки (т/добу); продуктивність вентилятора (м³/год); вологість зеленого солоду (%); вологість готового солоду (%); відносна вологість зовнішнього повітря (%); температура солоду на вході в сушарку (°C); температура солоду на виході з сушарки (°C); зовнішня температура повітря (°C); атмосферний тиск (мм. рт. ст.); тиск пари на вході в калорифер (кгс/м²); швидкість пари на вході в калорифер (м/с); статистичний тиск пари на вході у вентилятор (мм. вод. ст.); статистичний тиск пари на виході з вентилятора (мм. вод. ст.). В результаті аналізу отриманих значень показників, з дослідження було вилучено чинники, значення яких є постійними.

Для проведення аналізу запропонованими методами дослідження було обрано наступні чинники впливу:

- x_1 – продуктивність сушарки (т/добу);
- x_2 – продуктивність вентилятора (м³/год);
- x_3 – вологість зеленого солоду (%);
- x_4 – відносна вологість зовнішнього повітря (%);
- x_5 – температура солоду на вході в сушарку (°C);
- x_6 – зовнішня температура повітря (°C);
- x_7 – атмосферний тиск (мм. рт. ст.);
- x_8 – статистичний тиск пари на вході у вентилятор (мм. вод. ст.).

Обсяг вибірки - 30 спостережень.

При проведенні аналізу зв'язку між явищами широко застосовується кореляційний та регресійний аналізи. Кореляційний аналіз полягає у визначенні ступеню зв'язку між величинами. Коефіцієнт парної кореляції – це міра тісноти лінійного зв'язку між двома змінними, який оцінюється за вибіркою з n пов'язаних пар спостережень із загальної сукупності x_i та y [5]. Обрані чинники було оброблено в програмному забезпеченні MS Excel пакет "Аналіз даних". В табл. 1 наведено результати кореляційного аналізу.

Таблиця 1 – Результати кореляційного аналізу чинників

	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8
x_1	1	0,99	-0,23	-0,33	0,10	0,07	0,46	-0,14
x_2	0,99	1	-0,19	-0,35	0,06	0,03	0,47	-0,08
x_3	-0,23	-0,19	1	0,42	-0,6	-0,55	-0,46	0,44
x_4	-0,33	-0,35	0,42	1	-0,18	-0,05	-0,68	0,01
x_5	0,1	0,06	-0,6	-0,18	1	0,95	0,36	-0,52
x_6	0,07	0,03	-0,55	-0,05	0,95	1	0,20	-0,54
x_7	0,46	0,47	-0,46	-0,68	0,36	0,2	1	-0,12
x_8	-0,14	-0,08	0,44	0,01	-0,52	-0,54	-0,12	1

Для оцінювання мультиколінеарності чинників необхідно обчислити визначник кореляційної матриці:

$$\det(r_{xx}) = \begin{vmatrix} r_{x_1x_1} & r_{x_1x_2} & \dots & r_{x_1x_8} \\ r_{x_2x_1} & r_{x_2x_2} & \dots & r_{x_2x_8} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{x_8x_1} & r_{x_8x_2} & \dots & r_{x_8x_8} \end{vmatrix} = 0. \quad (1)$$

Визначник матриці дорівнює нулю. Отриманий результат вказує на повну лінійну залежність та мультиколінеарність чинників.

Обговорення результатів

Застосування регресійного аналізу.

Загальний вигляд початкової регресійної моделі:

$$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + a_4x_4 + a_5x_5 + a_6x_6 + a_7x_7 + a_8x_8, (2)$$

де a_0 – вільний член рівняння, який не залежить від чинників x_i ; a_1, \dots, a_8 – коефіцієнти регресії; x_1, \dots, x_8 – факторні показники.

На рис. 1 представлено результати розрахунку регресійного аналізу.

Выводы итогов					
Регрессионная статистика					
Множественный R	0,999236077				
R-квадрат	0,998472738				
Нормированный R-квадрат	0,998296515				
Стандартная ошибка	4,832059697				
Наблюдения	30				
Дисперсионный анализ					
	df	SS	MS	F	Значимость F
Регрессия	3	396881,2623	132293,7541	5665,976365	1,02851E-36
Остаток	26	607,0688237	23,34880091		
Итого	29	397488,3311			
Кoefficients					
Y-пересечение	224,5855066	34,93328318	6,428983658	8,21748E-07	152,7791154
X2	0,024218209	0,000200436	120,8279311	2,74723E-37	0,023806208
X3	-1,812889371	0,576327945	-3,145586443	0,004121517	-2,997548417
X6	-12,36301149	0,327410458	-37,75997742	3,04596E-24	-13,03601331
Верхние 95%					
			296,3918979	152,7791154	296,3918979
Нижние 95,0%					
			0,02463021	0,023806208	0,02463021
			-0,628230325	-2,997548417	-0,628230325
			-11,69000966	-13,03601331	-11,69000966

Рис. 1 – Результат виконання регресійного аналізу

В результаті застосування регресійного аналізу визначено чинники, які найбільш суттєво впливають на споживання електроенергії карусельної сушарки, а саме: продуктивність вентилятора (x_2), вологість зеленого солоду (x_3) та зовнішня температура повітря (x_6). З отриманих результатів регресійна модель має наступний загальний вигляд:

$$y = 224,58 + 0,02x_2 - 1,81x_3 - 12,36x_6.$$

На рис. 2 представлено порівняння отриманої базової лінії електроспоживання та фактичного споживання електроенергії карусельної сушарки.

На рис. 2 видно, що побудована базова лінія електроспоживання та фактичне споживання електроенергії карусельної сушарки практично співпадають.

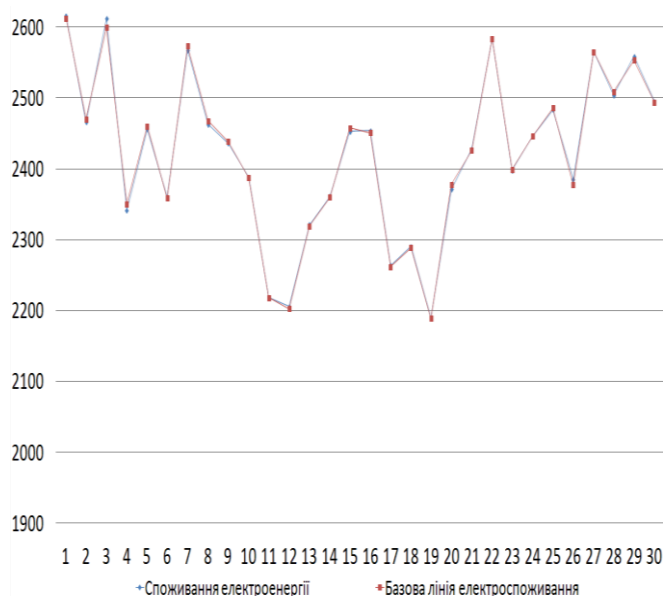


Рис. 2 – Порівняння отриманих результатів

Застосування методу головних компонент.

При виконанні аналізу даних існує необхідність створення спрощеної моделі, яка повинна максимально точно описувати вихідні дані. Досить часто чинники мають значну залежність один від одного та їх одночасна наявність є надлишковою. Деякі ознаки/фактори мають неявну залежність. Знаючи залежності та їх силу за допомогою методу головних компонент можна виразити декілька чинників через один, тобто об'єднати, і працювати з більш простою моделлю. Уникнути втрати інформації при цьому неможливо, але метод головних компонент надає можливість їх мінімізувати. Даний метод апроксимує n -мірний простір («хмару») спостережень до еліпсоїда, піввісі якого будуть майбутніми головними компонентами і при проекції на такі осі (зменшення розмірності) зберігається найбільша кількість інформації [6].

Метод головних компонент заснований на конструюванні чинників (як метод відбору інформативних ознак). Головна ідея методу полягає в об'єднанні декількох корельованих змінних в одну, яка представлятиме собою лінійну комбінацію вихідних змінних. Метою методу є дослідження внутрішньої структури досліджуваної системи величин, "стиснення" цієї системи без істотної втрати інформації шляхом виявлення

невеликого числа чинників, які пояснюють мінливість і взаємозв'язок величин [6, 7].

Для виконання розрахунків застосовується програмне забезпечення STATISTICA.

При формуванні моделі для карусельної сушарки солодового цеху методом головних компонент, програмою автоматично було визначено оптимальну кількість головних компонент, а саме: PC1, PC2 та PC3. Отримані головні компоненти є фіктивними, тобто такими, що не мають фізичної реалізації, однак надають можливість об'єднувати декілька реальних кореляційно пов'язаних чинників в один. Інформацію про головні компоненти наведено в табл. 2.

Таблиця 2 – Результати опису головних компонент

Component	Principal Components Analysis Summary (KC-45)					
	Number of components is 3 83,9182% of sum of squares has been explained by all the extracted components.					
	R ² X	R ² X (Cumul.)	Eigen-values	Q ²	Limit	Q ² (Cumul.)
1	0,43	0,43	3,44	0,16	0,16	0,16
2	0,27	0,7	2,18	0,22	0,17	0,34
3	0,14	0,84	1,09	0,24	0,2	0,5

В результаті застосування методу головних компонент визначено чинник, який має найбільший вплив на споживання електроенергії карусельної сушарки, а саме: продуктивність сушарки (x_1).

Значення власних векторів кореляційної матриці представлено в табл. 3.

Таблиця 3 – Розрахунок векторів кореляційної матриці

Variable	Eigenvector spreadsheet (KC-45)			
	Number of components is 3			
	Variable number	Component 1	Component 2	Component 3
x_1	1	-0,32	0,45	0,43
x_2	2	-0,3	0,48	0,4
x_3	3	0,42	0,15	0,21
x_4	4	0,3	-0,28	0,58
x_5	5	-0,41	-0,37	0,01
x_6	6	-0,37	-0,42	0,13
x_7	7	-0,38	0,25	-0,38
x_8	8	0,29	0,31	-0,32

Оскільки головні компоненти ортогональні, видалення останніх двох компонент не призводить

до змін власних векторів першої головної компоненти (PC1). Отримаємо математичну модель першої головної компоненти:

$$PC_1 = -0,317Z_1 - 0,301Z_2 + 0,416Z_3 + 0,304Z_4 - 0,412Z_5 - 0,374Z_6 - 0,384Z_7 + 0,294Z_8,$$

$$\text{де } Z_i = \frac{x_i - \bar{x}_i}{\sigma_i} \text{ - стандартизоване значення}$$

змінних x_i , \bar{x}_i - середнє значення змінних, σ_i - середньоквадратичне відхилення.

На рис. 3 представлено графік власних значень головних компонент.

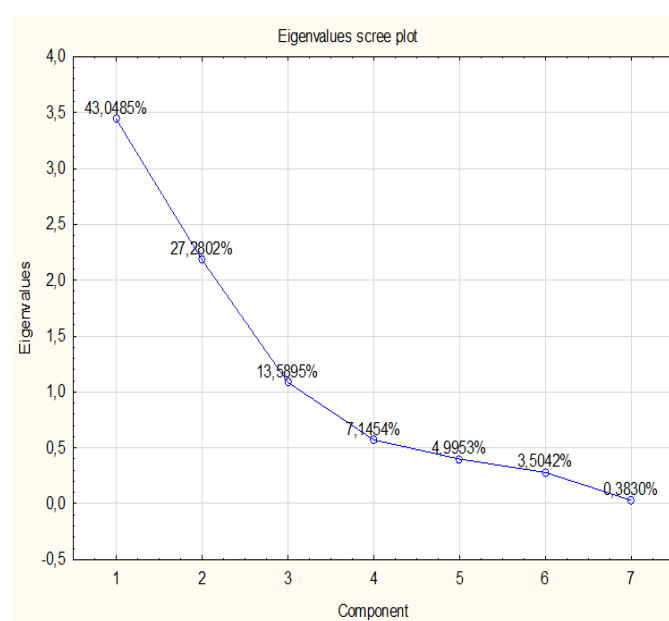


Рис. 3 – Власні значення головних компонент

Отже, перше власне значення першої головної компоненти охоплює 43,05 % мінливості даних. Однак ця тенденція зменшується в міру додавання до моделі додаткових компонент.

Виконаємо аналіз залежності споживання електроенергії від продуктивності сушарки. В результаті виконання аналогічних розрахунків, математична модель матиме вигляд:

$$y = 0,68 + 0,315Z_1 - 0,023Z_2 - 0,313Z_3 - 0,132Z_4 + 0,347Z_5 - 0,357Z_6 - 0,238Z_7 + 0,138Z_8.$$

На рис. 4 представлено результати в графічному вигляді.

На рис. 5 наведено графік порівняння спрогнозованих значень споживання електричної енергії за регресійним аналізом та методом головних компонент з фактичним

електроспоживанням карусельної сушарки за наступний період.

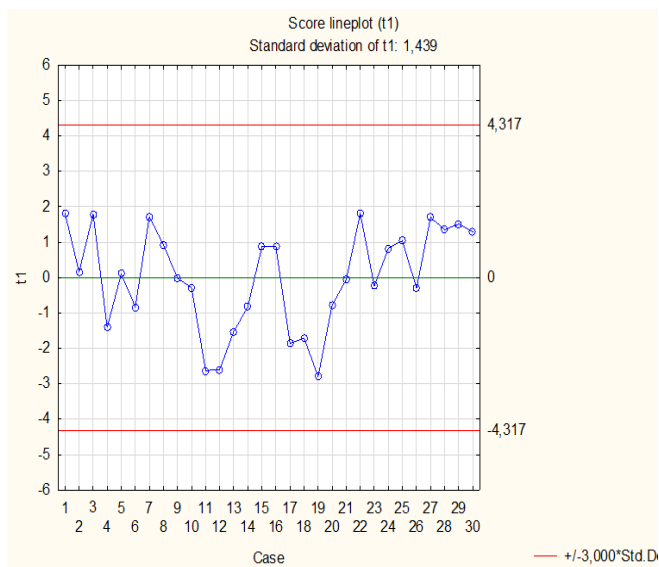


Рис. 4 – Залежність споживання електроенергії від продуктивності сушарки

Оцінювання точності побудованих математичних моделей може бути проведено за такими показниками:

- *MAPE* (mean absolute percentage error) середня відносна похибка:

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|W_{act} - W_{mod}|}{W_{act}} \cdot 100\%; \quad (3)$$

- *PMSE* (root mean squared error) середньоквадратична похибка:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (W_{act} - W_{mod})^2}; \quad (4)$$

- *CV* (coefficient of variation) коефіцієнт варіації:

$$CV = \frac{RMSE}{\bar{W}_{act}}, \quad (5)$$

де W_{act} – фактична витрата електроенергії; W_{mod} – спрогнозована витрата електроенергії за таким же набором чинників впливу; \bar{W}_{act} – середнє значення фактичної витрати електроенергії; n – обсяг вибірки [1].

Отримані результати зведено в табл. 4.

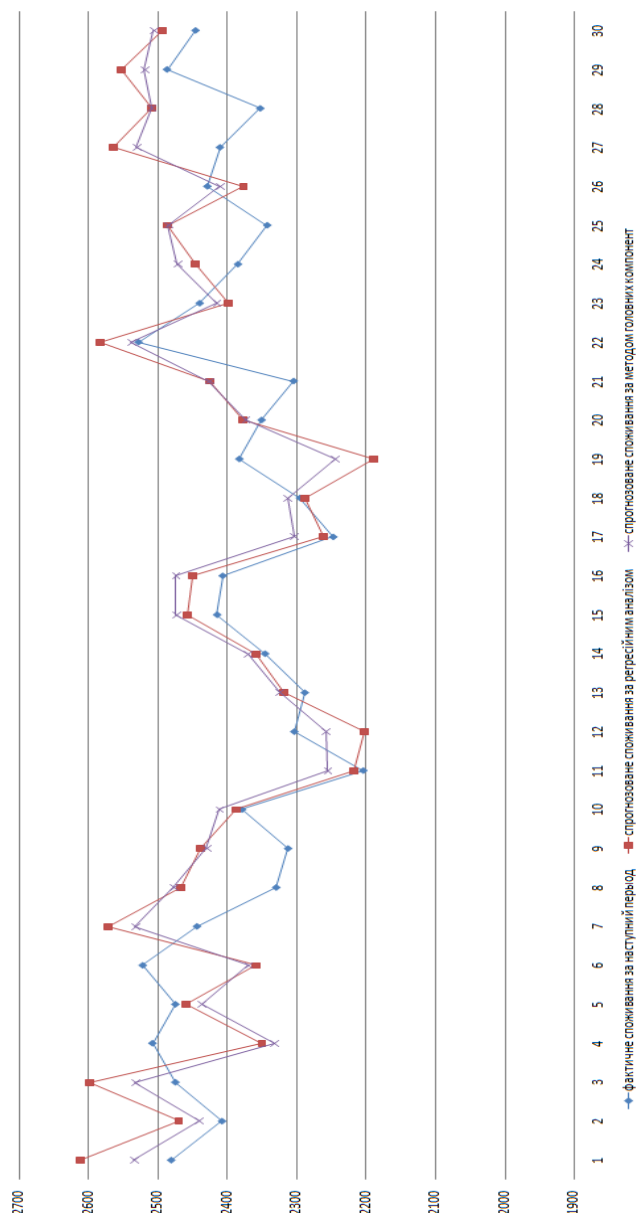


Рис. 5 – Порівняння фактичних та спрогнозованих значень споживання електроенергії

Таблиця 4 – Порівняння точності отриманих математичних моделей

Назва методу	<i>MAPE</i> , %	<i>PMSE</i> , кВт·год	<i>CV</i>
Регресійний аналіз	3,40	99,43	0,042
Метод головних компонент	3,06	88,17	0,037

Висновки

Результати аналізу застосування зазначених методів дали змогу оцінити, що математична модель базового рівня енергоспоживання для карусельної

сушарки солодового цеху більш точна у випадку її побудови за методом головних компонент, ніж за регресійним аналізом. Точність отриманих математичних моделей базових рівнів електроспоживання була оцінена на основі розрахунку середньої відносної похибки, середньоквадратичної похибки та коефіцієнта варіації. Крім того, більш доцільно застосовувати метод головних компонент для визначення найбільш суттєвих чинників, які впливають на обсяги споживання електроенергії карусельної сушарки, при встановленні її базового рівня енергоспоживання.

Список літератури

1. **Комяков, А. А.** Применение метода главных компонент для формирования математической модели процесса электропотребления на железнодорожном транспорте / **А. А. Комяков** // *Машиностроение: сетевой электронный журнал*. – 2016. – № 3. – С. 27-31.
2. Системи енергетичного менеджменту. Вимірювання рівня досягнутої енергоефективності з використанням базових рівнів енергоспоживання та показників енергоефективності. Загальні положення і настанова : ДСТУ ISO 50006:2014, IDT — ДСТУ ISO 50006:2016. — [Чинний від 2016-04-29]. — К. : Держспоживстандарт України, 2016. — 56 с. — (Національні стандарти України).
3. **Кендюхов, А. В.** Использование метода главных компонент для оценки конкурентоспособности машиностроительных предприятий / **А. В. Кендюхов, Д. О. Толкачев** // *Маркетинг и менеджмент инноваций*. – 2013. – № 4. – С. 219-225. URL: <http://mmi.fem.sumdu.edu.ua>.
4. **Кузнецов, В. Г.** Прогнозирование месячных расходов электроэнергии электрифицированных участков на основе метода выделения главных компонент ряда / **В. Г. Кузнецов** // *Вестник Приазовского государственного технического университета*. – 2013. – Вып. 26. – С. 216-220.
5. **Тихонов, Э. Е.** Методы прогнозирования в условиях рынка : [учебн. пос.] / **Э. Е. Тихонов**. – Невинномысск : Северо-Кавказский государственный технический университет, 2006. – 221 с.

6. **Калинина, В. Н.** Введение в многомерный статистический анализ: [учебн. пос.] / **В. Н. Калинина, В. И. Соловьев**. – М. : ГУУ, 2003. – 66 с.
7. Principal Component Analysis (PCA) and Partial Least Squares (PLS) Technical Notes // *STATISTICA Help*. URL: <http://documentation.statsoft.com>.

Bibliography (transliterated)

1. **Komyakov, A. A.** Primenenie metoda glavnykh komponent dlya formirovaniya matematicheskoy modeli protsessa elektropotrebleniya na zheleznodorozhnom transporte. *Mashinostroenie: setevoy elektronnyy zhurnal*, 2016, 3, 27-31.
2. Systemy enerhetychnoho menedzhmentu. Vymiryuvannia rivnia dosiahnutoi enerhoefektyvnosti z vykorystanniam bazovykh rivniv enerhospozhyvannia ta pokaznykiv enerhoefektyvnosti. Zahalni polozhennia i nastanova : DSTU ISO 50006:2014, IDT — DSTU ISO 50006:2016. [Chynnyi vid 2016-04-29]. K. : Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 2016, 56. (Natsionalni standarty Ukrainy).
3. **Kenduyhov, A. V., Tolkachyov, D. O.** Ispolzovanie metoda glavnykh komponent dlya otsenki konkurentosposobnosti mashinostroitelnykh predpriyatiy [Applied electronics]. *Marketing i menedzhment innovatsiy*, 2013, 4, 219-225. Available at: <http://mmi.fem.sumdu.edu.ua>.
4. **Kuznetsov, V. G.** Prognozirovaniye mesyachnykh rashodov elektroenergii elektrifitsirovannykh uchastkov na osnove metoda vyideleniya glavnykh komponent ryada. *Vestnik Priazovskogo gosudarstvennogo tehnikeskogo universiteta*, 2013, 26, 216-220.
5. **Tihonov, E. E.** Metody prognozirovaniya v usloviyakh ryinka : [uchebn. pos.]. Nevinnoymysk : Publishing house Severo-Kavkazskiy gosudarstvenniy tehnikeskyy universitet, 2006, 221.
6. **Kalina, V. N., Solov, V. I.** Vvedenie v mnogomernyy statisticheskiy analiz: [uchebn. pos.]. M. : Publishing house UU, 2003, 66.
7. Principal Component Analysis (PCA) and Partial Least Squares (PLS) Technical Notes [Applied electronics]. *STATISTICA Help*. Available at: <http://documentation.statsoft.com>.

Сведения об авторах (About authors)

Бориченко Олена Володимирівна – кандидат технічних наук, доцент, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», доцент кафедри електропостачання; м. Київ, Україна; e-mail: borichenko_olena@ukr.net.

Olena Borychenko – Ph. D., Docent, National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Docent of Department of Power Supply, Kyiv, Ukraine, e-mail: borichenko_olena@ukr.net.

Чернявський Анатолій Володимирович – кандидат технічних наук, доцент, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», доцент кафедри електропостачання; м. Київ, Україна; e-mail: canatoliy1976@gmail.com.

Anatolii Cherniavskiy – Ph. D., Docent, National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Docent of Department of Power Supply, Kyiv, Ukraine, e-mail: canatoliy1976@gmail.com.

Остачук Юлія Юріївна – магістрант, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», магістрант кафедри електропостачання; м. Київ, Україна; e-mail: julyoss333@gmail.com.

Yuliia Ostapchuk – master's degree, National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, master's degree of Department of Power Supply, Kyiv, Ukraine, e-mail: julyoss333@gmail.com.

Будь ласка, посилайтесь на цю статтю наступним чином:

Бориченко, О. В. Застосування методу головних компонент для оцінювання рівня енергоефективності / **О. В. Бориченко, А. В. Чернявський, Ю. Ю. Остапчук** // *Вісник НТУ «ХПІ», Серія: Нові рішення в сучасних технологіях.* – Харків: НТУ «ХПІ» Вісник НТУ «ХПІ», Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХПІ» – 2018. – № 16 (1292). – С. 9-15. – doi:10.20998/2413-4295.2018.16.02.

Please cite this article as:

Borychenko, O., Cherniavskiy, A., Ostapchuk, Y. Application of principal components method for evaluation of energy efficiency level. *Bulletin of NTU "KhPI". Series: New solutions in modern technologies.* – Kharkiv: NTU "KhPI", 2018, **16** (1292), 9-15 doi:10.20998/2413-4295.2018.16.02.

Пожалуйста, ссылайтесь на эту статью следующим образом:

Бориченко, Е. В. Применение метода главных компонент для оценки уровня энергоэффективности / **Е. В. Бориченко, А. В. Чернявский, Ю. Ю. Остапчук** // *Вестник НТУ «ХПИ», Серія: Новые решения в современных технологиях.* – Харьков: НТУ «ХПИ». – 2018 – № 16 (1292). – С. 9-15. – doi:10.20998/2413-4295.2018.16.02.

АННОТАЦИЯ Данная статья посвящена анализу целесообразности использования метода главных компонент для формирования математической модели электропотребления карусельной сушилки для оценки уровня энергоэффективности. В результате применения метода главных компонент определены факторы, которые оказывают наибольшее влияние на потребление электроэнергии. Точность сложившихся регрессионных моделей электропотребления оценивалась на основе определения средней относительной погрешности, среднеквадратической погрешности и коэффициента вариации.

Ключевые слова: метод главных компонент; регрессионный анализ; математическая модель; потребление электроэнергии; базовый уровень энергоэффективности

Поступила (received) 04.05.2018